

## 報告

## 下水処理場の硝化に関する研究 (その3) ——処理過程における窒素の挙動——

嶋 津 暉 之 木 村 賢 史 三 好 康 彦

### 1 はじめに

前年度の「下水処理場の硝化に関する研究 (その1)、(その2)」では都内6処理場を対象として窒素成分の収支を調査した結果と、その調査データの解析から得た硝化促進の方法とその技術的条件について報告した<sup>1),2)</sup>。前回の調査では硝化速度の現場測定は行わず、処理場汚泥を用いた室内実験によって硝化速度とpH等との関係を調べ、その結果に基づいて硝化促進の条件を検討した。平成5年度は前年度の調査結果を補完するため、T市処理場を対象として、ばっ気槽における硝化速度の現場測定を行った。すなわち、ばっ気槽内の窒素の挙動を調査し、その結果から槽内の硝化速度を求め、その支配要因との関係を検討した。また、前年度の調査では考慮しなかった第2沈殿池における窒素の収支についても調査を行った。これらの調査結果を報告する。

### 2 方 法

#### (1) 調 査

11月にT市処理場の通日調査を実施し、下記の箇所について時間別の試料採取と測定を行った。

ばっ気槽を入口から出口まで5カ所に分け、それぞれの混合液と、第2沈殿池2系統の各越流水、返送汚泥を3時間おきに延べ9回採取し、同時に、水温、pH、溶存酸素(DO)を測定した。採取した試料は、その半分を直ちにガラスフィルターGFCでろ過し、残りの試料とともに冷蔵した。

また、ばっ気槽流入水と最終放流水の水質変動も把握するため、第1沈殿池出口と最終放流口に自動採水器を設置し、1時間おき、延べ24回の採水を行った。これらの試料は24本の採水終了後、その半分をろ過し、残りの試料とともに冷蔵した。

#### (2) 分 析

上記の試料の $\text{NH}_4\text{-N}$ 、 $\text{NO}_x\text{-N}$ 、 $\text{T-N}$ 、 $\text{TDN}$ (溶

解性 $\text{T-N}$ )をオートアナライザーにより、分析した。また、アルカリ度をpH4.8 Mアルカリ度法で分析した。その他に、参考のため、BOD、COD、TOC、 $\text{T-P}$ 、 $\text{PO}_4\text{-P}$ の分析も行った。

### 3 結果及び考察

#### (1) ばっ気槽における窒素の挙動

採水を行ったばっ気槽5カ所は直列3槽のうちの第1槽出口、第2槽の中間と出口、第3槽の中間と出口である。なお、T処理場はステップエアレーション方式をとっているため、第1沈殿池の越流水(1沈越流水)のうち、30%はばっ気槽の第1槽入口、70%は第2槽入口に流入している。また、返送汚泥はその全量が第1槽入口に流入している。

この5カ所における $\text{NH}_4\text{-N}$ と $\text{NO}_x\text{-N}$ の時間変動を図1、2に示す。第1槽出口では1沈越流水の全量が入っていないため、第1槽出口より第2槽中間の $\text{NH}_4\text{-N}$ の方が高くなっているが、第2槽中間以降は硝化の進行で $\text{NH}_4\text{-N}$ が順調に小さくなっている。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の減少が大きいのは第2槽出口と第3槽中間の間であり、その間で $\text{NO}_x\text{-N}$ が大きく増加している。時間変化をみると、第2槽中間の変動パターンがそのまま第3槽出口の変動パターンになっており、ばっ気槽の硝化能がほぼ一定したものであることを示している。

硝化に関するpH、DOの時間変化を図3、4に示す。これらのpHとDOと硝化との関係を知るため、図1のデータから硝化速度を次のように求めた。まず、時間別の流入水量と返送汚泥量から、槽間の流下時間を計算し、その流下時間を考慮して第2槽中間以降の4カ所の水質を対応させた。次に、その4カ所の各々の間で減少した $\text{NH}_4\text{-N}$ 量をその間の流下時間で除して、硝化速度を計算した。

硝化速度の計算値とpHとの関係を図5に示す。なお、

硝化速度は $\text{NH}_4\text{-N}$ や $\text{DO}$ が小さくなると、低下していくので、 $\text{DO} < 0.5 \text{ mg/l}$ 、 $\text{NH}_4\text{-N} < 0.5 \text{ mg/l}$ のデータは除外した。同図をみると、多少のばらつきはあるが、 $\text{pH}$  6台では、 $\text{pH}$ が高くなるにつれて、硝化速度が高くなる傾向が明瞭である。前年度の調査では室内実験の結果から、硝化速度を高めるためには $\text{pH}$ の上昇が必要であることを示したが<sup>2)</sup>、今回の調査結果はそれを裏付けるものとなった。ただし、 $\text{pH}$ と硝化速度との関係式は前年度の室内実験の結果とは多少の差がある。

次に、硝化速度の各データについて $\text{pH}$ との回帰式との差を求め、 $\text{DO}$ との関係をみたのが図6である ( $\text{DO} < 0.5 \text{ mg/l}$ のデータを含む)。同図をみると、 $\text{DO}$ が概ね $0.5 \text{ mg/l}$ を下回ると、硝化速度は著しく低下するが、 $0.5 \text{ mg/l}$ を超えると、硝化速度は $\text{DO}$ の影響をほとんど受けなくなる傾向がある。

このように、硝化速度を支配するのは $\text{pH}$ と $\text{DO}$ である。前出の図1、2において第2槽出口と第3槽中間の間で硝化が最も進行したのは、 $\text{NH}_4\text{-N}$ が或る程度残留している状態で、 $\text{pH}$ と $\text{DO}$ の高い条件が得られたからで

あると考えられる。

また、 $\text{pH}$ を規定するのはアルカリ度であるので、ばっ気槽と第2沈澱池についての測定値を使って、アルカリ度と $\text{pH}$ との関係を調べた。その結果を図7に示す。アルカリ度と $\text{pH}$ は相関が非常に高く、アルカリ度を上昇させれば、 $\text{pH}$ も上昇していく。ただし、前年度に6処理場のデータから求めた関係式とは差がある<sup>2)</sup>。

前年度の報告では硝化速度を大きくするため、脱窒( $\text{NO}_x\text{-N}$ の還元)の促進でアルカリ度を高めて $\text{pH}$ を上昇させ、同時にばっ気量を増やして $\text{DO}$ を高めることを提言したが<sup>2)</sup>、今回の調査結果はこの提言が妥当なものであることを示している。

(2) 第2沈澱池における窒素の挙動

第2沈澱池の流入水(ばっ気槽出口)と越流水の $\text{NH}_4\text{-N}$ の時間変化を図8、 $\text{NO}_x\text{-N}$ の時間変化を図9に示す。なお、第2沈澱池通過によるタイムラグがあるので、両図では流入水と越流水の水質を対応できるように越流水の水質をタイムラグの分だけ前送りして示してある。

両図をみると、 $\text{NO}_x\text{-N}$ は第2沈澱池内で $1 \sim 2 \text{ mg/l}$

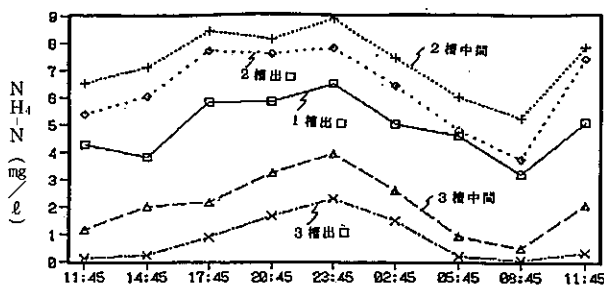


図1 ばっ気槽内の $\text{NH}_4\text{-N}$ の時間変化

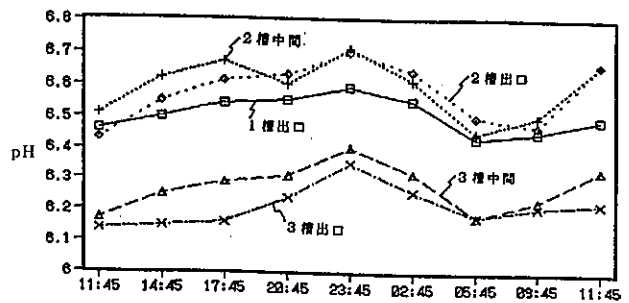


図3 ばっ気槽内の $\text{pH}$ の時間変化

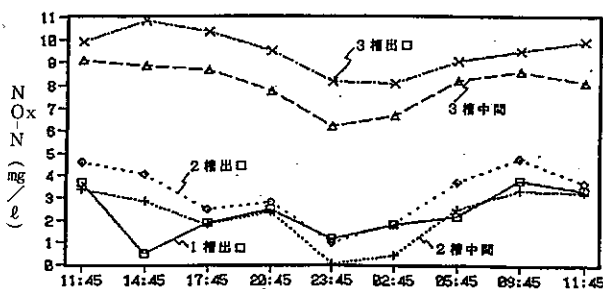


図2 ばっ気槽内の $\text{NO}_x\text{-N}$ の時間変化

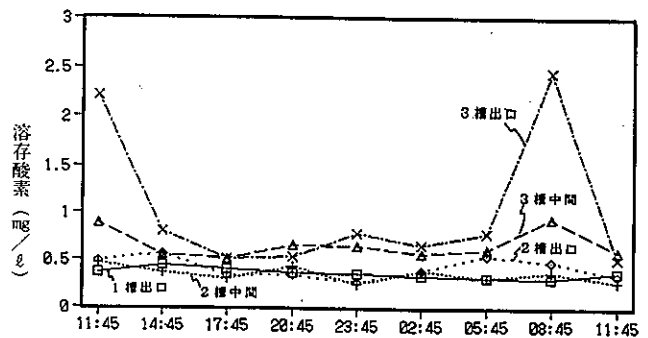


図4 ばっ気槽内の $\text{DO}$ の時間変化

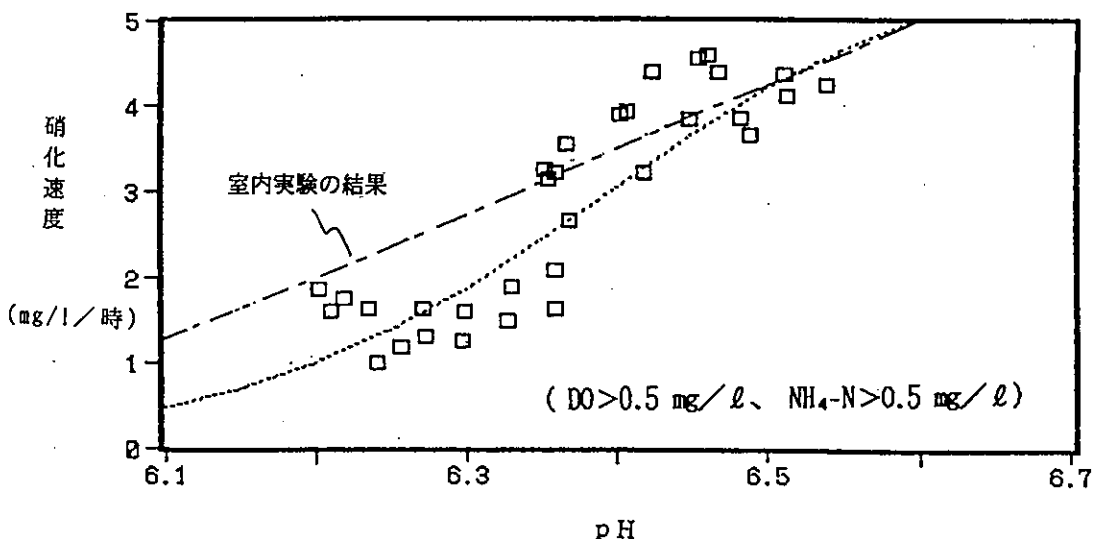


図5 ばっ気槽における pH と硝化速度の関係

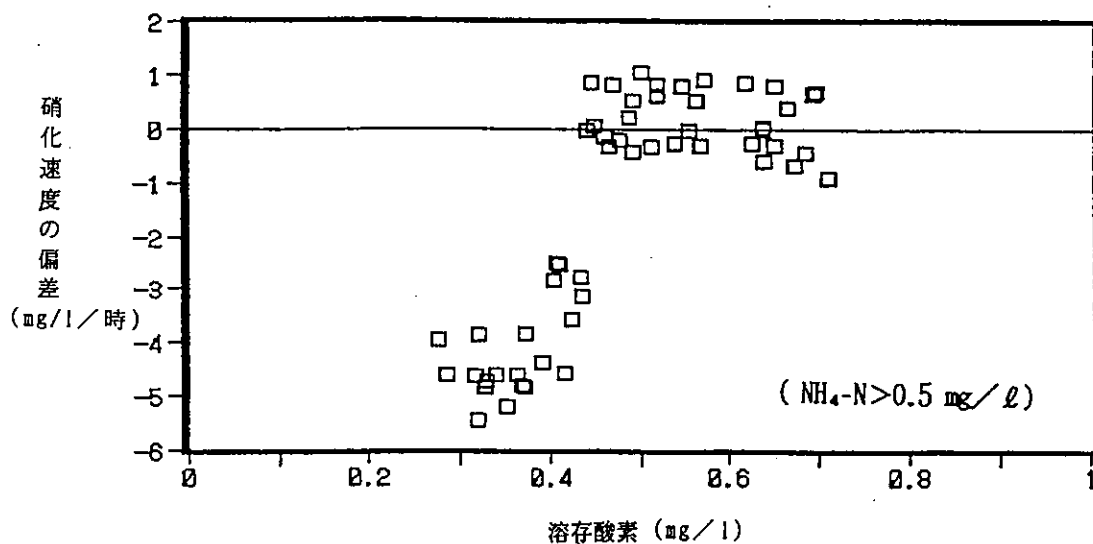


図6 ばっ気槽における DO と硝化速度の関係  
(硝化速度の偏差は pH との回帰式との差を示す。)

れ減少し、逆に、 $\text{NH}_4\text{-N}$ は  $2 \sim 3 \text{ mg/l}$  増加している。 $\text{NH}_4\text{-N}$ の増加は汚泥の呼吸、分解によるものである。この時間変化から、第2沈澱池の入口と出口における窒素成分の一日平均水質を求めたのが表1である。返送汚泥も含めると、第2沈澱池では $\text{NO}_x\text{-N}$ が放流量換算で  $5.7 \text{ mg/l}$  も減少し、脱窒が少なからず進行していることが分かる。しかし、一方で $\text{NH}_4\text{-N}$ を含むケルダール窒素が  $4.4 \text{ mg/l}$  も溶出している。そのうち、 $2.6 \text{ mg/l}$  は越流水に混入して、硝化率を低下させている。

このように第2沈澱池における窒素成分の変化は予想外に大きいので、第2沈澱池での挙動も含めて、下水処理場における硝化の条件を検討する必要がある。

#### 4 おわりに

T市処理場におけるばっ気槽および第2沈澱池の窒素成分の挙動調査により、次のことが明らかとなった。

- ① 硝化速度は pH 6 台では pH が上昇するほど、高くなる傾向がある。

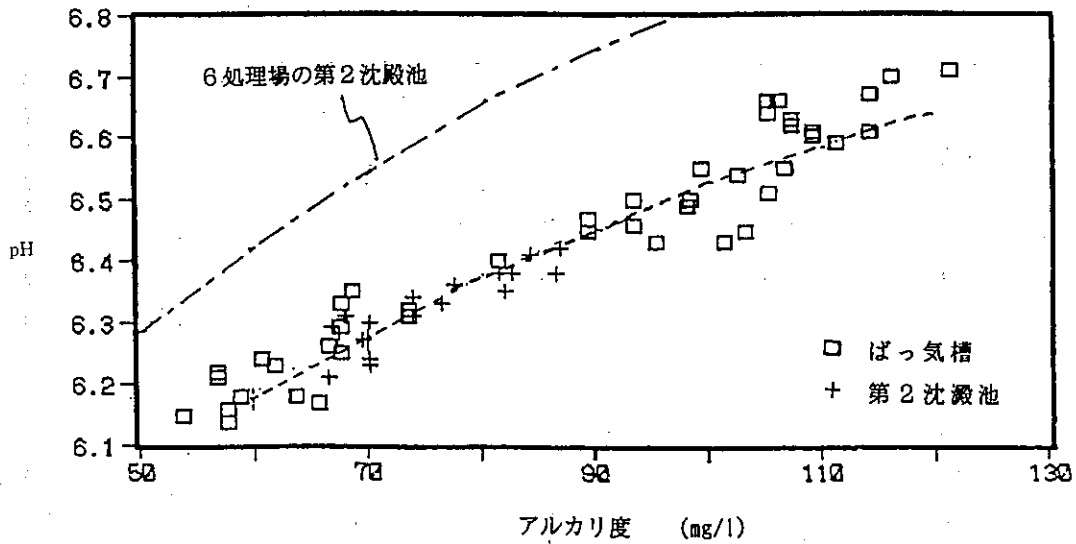


図7 アルカリ度とpHの関係

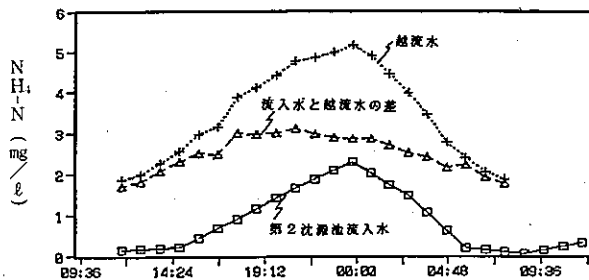


図8 第2沈殿池流入水と越流水のNH<sub>4</sub>-Nの時間変化

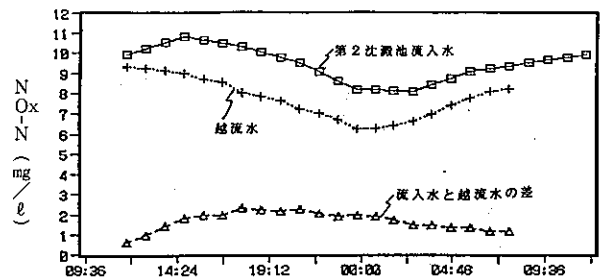


図9 第2沈殿池流入水と越流水のNO<sub>x</sub>-Nの時間変化

② 硝化速度はDOが概ね0.5 mg/lを下回ると、著しく低下するが、0.5 mg/lを超えると、DOの影響をほとんど受けなくなる。

表1 第2沈殿池の入口と出口の平均水質 (mg/l)

	NO <sub>x</sub> -N	NH <sub>4</sub> -N	KJ-N	TDN
① 第2沈殿池入口 (流入水)	9.44	0.36	1.95	11.39
② 第2沈殿池出口 (越流水)	7.80	3.29	4.54	12.35
③ " (返送汚泥)	4.07	2.98	4.29	8.36
④ ①-②	1.64	-2.43	-2.59	-0.95
⑤ ①-③ (放流量換算)	4.10	-1.62	-1.78	2.32
⑥ 第2沈殿池における変化量 ④+⑤ (放流量換算)	5.74	-4.05	-4.37	1.37

③ ばっ気槽において硝化速度を高めるためには、脱窒 (NO<sub>x</sub>-Nの還元) の促進でアルカリ度を高めてpHを上昇させ、同時にばっ気量を増やしてDOを0.5 mg/l以上に維持することが必要である。

④ 第2沈殿池におけるNO<sub>x</sub>-Nの還元とNH<sub>4</sub>-Nの溶出は比較的大きなものであるので、この窒素の挙動も含めて、下水処理場における硝化の条件を検討する必要がある。

参考文献

- 1) 鳴津暉之ら；下水処理場の硝化に関する研究 (その1) 東京都環境科学研究所年報 1993, p.196~204.
- 2) 鳴津暉之ら；下水処理場の硝化に関する研究 (その2) 東京都環境科学研究所年報 1993, p.205~214.